

Pesquisas em Geociências

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias>

Um Ensaio Triaxial para Estudos Complementares de Estabilidade de uma Barragem de Terra

Flávio Koff Coulon

Pesquisas em Geociências, 3 (1): 47-58 Mai./Ago., 1974.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/21852>

Publicado por

Instituto de Geociências



Portal de Periódicos
UFRGS

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

Informações Adicionais

Email: pesquisas@ufrgs.br

Políticas: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>

Submissão: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#onlineSubmissions>

Diretrizes: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#authorGuidelines>

Data de publicação - Mai./Ago., 1974.

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

Um Ensaio Triaxial para Estudos Complementares de Estabilidade de uma Barragem de Terra

FLAVIO KOFF COULON*

RESUMO

Efetuada os ensaios triaxiais de rotina para estabelecimento das características de cisalhamento, em termos de tensões efetivas, do material terroso a ser empregado numa barragem, passou-se ao estudo complementar do mesmo, através de uma série de ensaios triaxiais com corpos de prova compactados com diferentes umidades em torno da ótima, atentando-se, especialmente, para a evolução das pressões neutras desenvolvidas, no sentido de se determinarem os valores mais favoráveis, em termos de estabilidade do maciço, dos coeficientes de poro-pressão

A, B, \bar{A} , e \bar{B} e com interesse na observação das (módulo de Young E e coeficiente de Poisson ν).

Apresenta-se o roteiro seguido em um ensaio triaxial dessa série.

INTRODUÇÃO

Esta nota é a primeira de uma série a ser escrita com finalidade didática. Sua intenção é somente a de dar um exemplo prático e numérico das diversas fases de um ensaio triaxial estudado teoricamente. Quer parecer que ela servirá para uma maior compreensão não só dos conceitos emitidos em aula e bibliografia como também das potencialidades de um ensaio triaxial bem conduzido.

TABELA DE DADOS

Solo tipo CL

AMOSTRA: $w_{ot} = 19,5\%$

$\gamma_s \text{ max} = 1,72 \text{ g/cm}^3$

CORPO DE PROVA:

diâmetro $d = 10,1 \text{ cm}$

altura $h = 17,9 \text{ cm}$

área $A = 80 \text{ cm}^2$

volume $V = 1430 \text{ cm}^3$

volume de sólidos $V_s = 942 \text{ cm}^3$

volume de vazios $V_v = 488 \text{ cm}^3$

volume de água $V_a = 434 \text{ cm}^3$

peso $P = 2934 \text{ g}$

$w = 17,5\%$ (— 2% do ótimo)

$\gamma_n = 2,05 \text{ g cm}^{-3}$

$\gamma_s = 1,74 \text{ g cm}^{-3}$

$\gamma_{sat} = 2,08 \text{ g cm}^{-3}$

$\bar{\sigma} = 2,65 \text{ g cm}^{-3}$

$\varepsilon = 0,52$

$s = 89\%$

APARELHAGEM:

Câmara triaxial montada em aparelho CONBEL com medidas de pressão neutra em apare-

* - Professor-Assistente da disciplina de Geotécnica na Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil e bolsista da Fundação Calouste Gulbenkian e do Conselho Nacional de Pesquisas no Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal.

lho CLOCKHOUSE com precisão estimada de 10 g cm⁻². Foto 1.

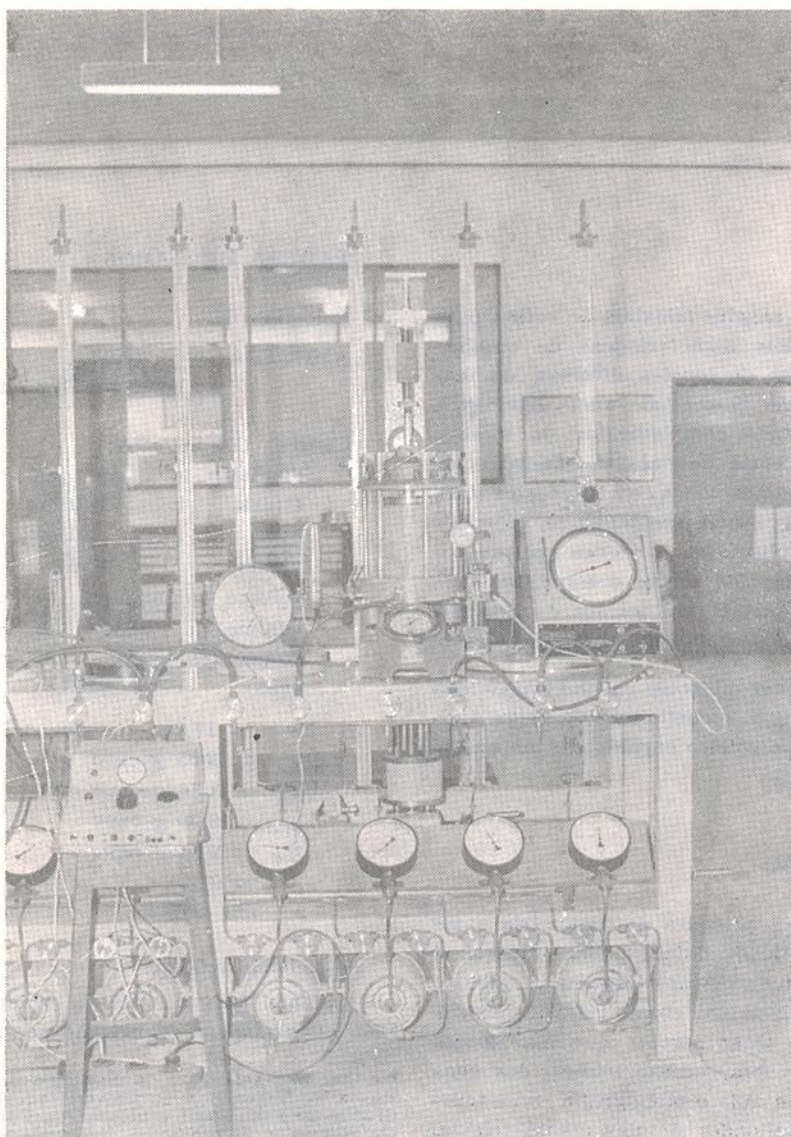
Nota:

1. O aparelho Conbel permite fazer a consolidação das amostras anisotropicamente, à tensão constante.

2. Cada cm lido nos tubos indicativos da variação de volume corresponde a 2 cm³.

INTERVALOS DE LEITURAS:

Leituras de poro-pressão e as demais rotineiras: imediatamente após a aplicação de carga e, daí, a 1, 5, 15, 30, 60 e 120 minutos até, no mínimo, 24 horas.



25387

FOTO 1 - Aparelhagem utilizada no ensaio

PROGRAMAÇÃO DO ENSAIO

Procurou-se reproduzir no ensaio as diferentes situações reais e possíveis a que, o maciço de terra da barragem será submetido durante a sua vida útil.

Em assim sendo, foi dividido em 3 fases que procuraram reproduzir as situações seguintes:

- I. fase de construção;
- II. fase de enchimento e percolação;
- III. fase de eventual esvaziamento rápido e ruptura.

I. FASE DE CONSTRUÇÃO

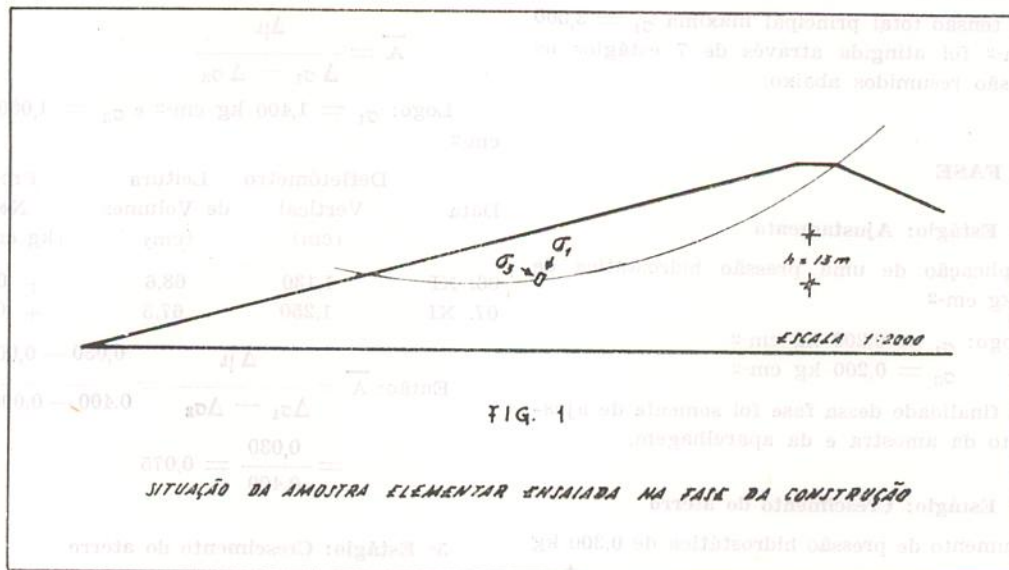


FIG. 1

SITUAÇÃO DA AMOSTRA ELEMENTAR ENFIADA NA FASE DA CONSTRUÇÃO

Esta fase constou da subida progressiva das tensões sobre a amostra, provocada pelo crescimento do aterro, até atingirem os valores que se apresentarão na barragem no final da sua construção e antes do enchimento.

Fixação das tensões σ_1 e σ_3

De trabalhos anteriores, onde foi utilizado o cálculo automático no estudo da estabilidade, sendo traçados 30 círculos hipotéticos de escorregamento em uma barragem com talude de montante 3,8:1 e com 50 m de altura, verificou-se que o círculo de escorregamento mais desfavorável passava a cerca de 10 m de profundidade, na zona mais próxima do pé do talude onde o coefi-

ciente de empuxo (k_0) apresenta seus valores mais desfavoráveis.

No caso presente, considerou-se um círculo passando a uma profundidade de 13 m, conforme mostra a fig. 1.

Desse modo, uma amostra colocada numa zona do círculo, na situação esquematizada, terá, ao final da construção, uma tensão total principal máxima (σ_1), atuando sobre ela, de valor:

$$\sigma_1 = \gamma_n \times h = 2,05.10^{-3} \times 13.10^2 = 2,645 \text{ kg cm}^{-2}$$

Para efeito de segurança, levou-se o ensaio até $\sigma_1 = 3,500 \text{ kg cm}^{-2}$.

A subida dessa tensão σ_1 sobre a amostra foi efetuada em estágios que procuraram reproduzir,

de certa forma, o crescimento do aterro sendo que a tensão total principal mínima (σ_3) cresceu paralelamente ,acompanhando esse crescimento. No caso presente, supôs-se que a relação entre as tensões principais efetivas fosse, ao final de cada estágio, da ordem de 0,7, isto é,

$$k_0 = \frac{\sigma_3}{\sigma_1} = 0,7.$$

A pressão neutra utilizada na estimativa do σ_3 foi, em geral, estabelecida a partir do seu valor no estágio imediatamente anterior e de uma previsão aproximada de sua evolução no estágio a ser iniciado.

A tensão total principal máxima $\sigma_1 = 3,500$ kg cm-2 foi atingida através de 7 estágios os quais são resumidos abaixo.

I. FASE

1º Estágio: Ajustamento

Aplicação de uma pressão hidrostática de 0,200 kg cm-2

$$\text{Logo: } \sigma_1 = 0,200 \text{ kg cm-2}$$
$$\sigma_3 = 0,200 \text{ kg cm-2}$$

A finalidade dessa fase foi somente de ajustamento da amostra e da aparelhagem.

2º Estágio: Crescimento do aterro

Aumento de pressão hidrostática de 0,300 kg

$$\text{cm-2 — determinação do coeficiente } B = \frac{\Delta \mu}{\sigma_3^3}$$

Logo: $\sigma_1 = 0,500$ kg cm-2 e $\sigma_3 = 0,500$ kg cm-2

Data	Defletômetro Vertical (cm)	Leitura de Volumes (cm)	Pressão Neutra (kg cm-2)
31. X	0,660	82,6	— 0,080
04. XI	0,870	74,7	— 0,090

Como a pressão neutra manteve-se negativa o valor de B estabelecido não apresenta interesse visto não guardar relação com os valores do campo positivo que são os que se procuram determinar.

3º Estágio: Crescimento do aterro

Aumento de pressão hidrostática de 0,500 kg cm-2 — determinação do coeficiente B.

$$\text{Logo: } \sigma_1 = 1,000 \text{ kg cm-2 e } \sigma_3 = 1,000 \text{ kg cm-2}$$

Data	Defletômetro Vertical (cm)	Leitura de Volumes (cm)	Pressão Neutra (kg cm-2)
04. XI	0,870	74,7	— 0,090
06. XI	1,130	68,6	0,000

4º Estágio: Crescimento do aterro

Aplicação de uma tensão deviatória de 0,400 kg cm-2 — determinação do coeficiente

$$A = \frac{\Delta \mu}{\Delta \sigma_1 - \Delta \sigma_3}$$

$$\text{Logo: } \sigma_1 = 1,400 \text{ kg cm-2 e } \sigma_3 = 1,000 \text{ kg cm-2}$$

Data	Defletômetro Vertical (cm)	Leitura de Volumes (cm)	Pressão Neutra (kg cm-2)
06. XI	1,130	68,6	+ 0,000
07. XI	1,250	67,5	+ 0,030

$$\text{Então: } A = \frac{\Delta \mu}{\Delta \sigma_1 - \Delta \sigma_3} = \frac{0,030 - 0,000}{0,400 - 0,000} = \frac{0,030}{0,400} = 0,075$$

5º Estágio: Crescimento do aterro

Aplicação de um $\Delta \sigma_3$ de 0,500 kg cm-2 e de um $\Delta \sigma_1$ de 0,700 kg cm-2, fazendo-se a hipótese de que, ao fim do estágio, a pressão neutra $U = 0,100$ kg cm-2 — determinação dos coeficientes B, B e A.

$$\text{Então: } \sigma_1 = 2,100 \text{ kg cm-2}$$
$$\sigma_1 = \sigma_1 - U = 2,100 - 0,100 = 2,000 \text{ kg cm-2}$$
$$\sigma_3 = 2,000 \times k_0 = 2,000 \times 0,7 = 1,400 \text{ kg cm-2}$$
$$\sigma_3 = \sigma_3 + U = 1,400 + 0,100 = 1,500 \text{ kg cm-2}$$

Logo: $\sigma_1 = 2,100 \text{ kg cm}^{-2}$ e $\sigma_3 = 1,500 \text{ kg cm}^{-2}$

Data	Defletômetro Vertical (cm)	Leitura de Volumes (cm)	Pressão Neutra (kg cm ⁻²)
07. XI	1,260	67,5	+ 0,030
08. XI	1,260	63,1	+ 0,090

Cálculo dos coeficientes:

$$\bar{B} = \frac{\Delta\mu}{\Delta\sigma_1} = \frac{0,060}{0,700} = 0,085$$

Sabe-se que:

$$\Delta\mu = B \left[\Delta\sigma_3 + A (\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3) \right], \text{ logo:}$$

$$\Delta\mu = B \Delta\sigma_3 + A.B (\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3)$$

Como $A.B = \bar{A}$ tem-se:

$$\Delta\mu = B \Delta\sigma_3 + \bar{A} (\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3)$$

$$\text{Então: } B = \frac{\Delta\mu - \bar{A} (\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3)}{\Delta\sigma_3}$$

$$\text{Logo: } B = \frac{0,060 - 0,075 (0,700 - 0,500)}{0,500} = 0,09$$

$$\text{Se } \bar{A} = A.B, A = \frac{\bar{A}}{B} = \frac{0,075}{0,090}$$

Logo: $A = 0,83$

Tem-se, pois, os primeiros valores dos coeficientes de pressão neutra de Skempton.

Nota: A previsão do valor $U = 0,100 \text{ kg cm}^{-2}$ para o final do estágio estava correta.

6º Estágio: Crescimento do aterro

Aplicação de um $\Delta\sigma_3$ de $0,600 \text{ kg cm}^{-2}$ e de um $\Delta\sigma_1 = 0,800 \text{ kg cm}^{-2}$, fazendo-se a hipótese de que, ao final do estágio, $U = 0,210 \text{ kg cm}^{-2}$ — determinação de A e B.

Logo: $\sigma_1 = 2,900 \text{ kg cm}^{-2}$ e $\sigma_3 = 2,093 \cong 2,100 \text{ kg cm}^{-2}$

Data	Defletômetro Vertical (cm)	Leitura de Volumes (cm)	Pressão Neutra (kg cm ⁻²)
08. XI	1,910	68,4	+ 0,090
09. XI	2,500	62,4	+ 0,160

De início, verificou-se que a pressão neutra desenvolvida foi menor do que a esperada ao final da fase. Entretanto, isso não alterou significativamente os valores determinados.

$$\bar{B} = \frac{\Delta\mu}{\Delta\sigma_1} = 0,087$$

$$B = \frac{\Delta\mu - \bar{A} (\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3)}{\Delta\sigma_3} = 0,091$$

$$A = \frac{\bar{A}}{B} = 0,82$$

Os valores se conservaram praticamente os mesmos o que denotou que o ensaio estava se conduzindo bem.

7º Estágio: Crescimento do aterro

Aplicação de um $\Delta\sigma_3 = 0,400 \text{ kg cm}^{-2}$ e de um $\Delta\sigma_1 = 0,600 \text{ kg cm}^{-2}$ supondo-se que, ao final do estágio, $U = 0,220 \text{ kg cm}^{-2}$ — determinação de A e B.

$$\text{No estágio anterior: } \bar{B} = \frac{\Delta\mu}{\Delta\sigma_1} \cong 0,1$$

$$\text{No estágio atual } 0,1 = \frac{\Delta\mu}{0,600} \therefore \Delta\mu = 0,060 \text{ kg cm}^{-2}$$

Esse será o aumento previsto.

$$\text{Então: } U_{\text{previsto}} = U_{\text{anterior}} + \Delta\mu = 0,160 + 0,060 = 0,220 \text{ kg cm}^{-2}$$

Se esse raciocínio houvesse sido seguido no estágio anterior, ter-se-ia previsto corretamente o valor final de U.

Logo, com $U = 0,220 \text{ kg cm}^{-2}$, ter-se-á: $\sigma_1 = 3,500 \text{ kg cm}^{-2}$ e $\sigma_3 = 2,516 \cong 2,500 \text{ kg cm}^{-2}$

Data	Defletômetro Vertical (cm)	Leitura de Volumes (cm)	Pressão Neutra (kg cm ⁻²)
09. XI	2,530	62,3	+ 0,160
11. XI	2,900	59,1	+ 0,240

$$\text{Então: } \bar{B} = 0,1$$

$$B = 0,11$$

$$A = 0,68$$

Valores a tomar: para efeito de segurança, tomar-se-iam, no carregamento, os valores mais elevados dos coeficientes obtidos. Logo, para o material em foco: $\bar{A} = 0,08$

$$\bar{B} = 0,1$$

$$B = 0,1$$

$$A = 0,8$$

Constatou-se um aumento progressivo de B o que era lógico esperar já que ele aumenta com o grau de saturação e, este, é função da natural diminuição do índice de vazios que sofre a amostra. Com isso, obteve-se uma indicação, entre outras, de que o ensaio estava sendo bem conduzindo.

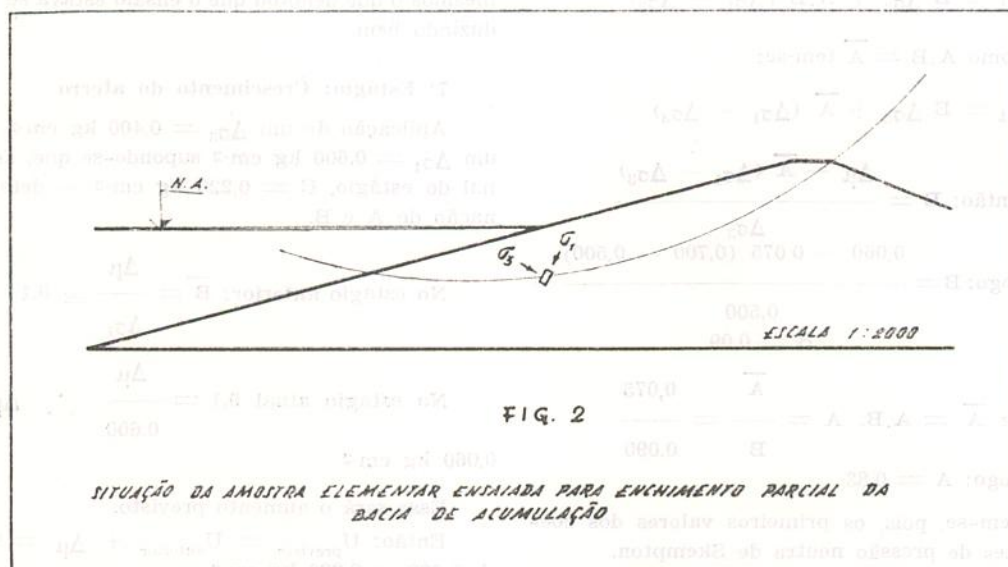
II. FASE DE ENCHIMENTO E PERCOLAÇÃO

Esta fase constou da subida das tensões para os valores que a amostra irá suportar, subida essa devida à saturação do aterro e ao peso da água represada.

Foi ela dividida em três estágios:

1. enchimento parcial;
2. enchimento total;
3. percolação.

1º Estágio: Enchimento de água até o ponto onde a vertical da amostra encontra o paramento de montante da barragem



Fixação das tensões σ_1 e σ_3

Levou-se em consideração o aumento de densidade do material devido à sua saturação, logo:

$$\sigma_1 = \gamma_{\text{sat}} \times h = 2,29 \cdot 10^{-3} \times 13 \cdot 10^{-3} \approx 3,000 \text{ kg cm}^{-2}$$

Como a coluna de água existente sobre a amostra apresenta uma certa componente segundo a direção de σ_1 , cujo valor é pequeno mas não desprezível, arbitrou-se que a saturação mais essa componente vertical acarretariam um aumento de σ_1 da ordem dos 10%.

$$\text{Então: } \sigma_1 = 3,500 + 0,350 = 3,850 \text{ kg cm}^{-2}.$$

Para a fixação do σ_3 considerou-se, em primeira aproximação, que a pressão neutra da amostra aumentaria de um valor igual à pressão

exercida pela água que lhe ficou sobreposta, ou seja, $\gamma_a \cdot h \cdot 10^{-3} = 1,300 \text{ kg cm}^{-2}$. Esse valor de σ_3 foi estabelecido supondo-se que não existe aumento de pressão efetiva horizontal por efeito do enchimento parcial da barragem.

Para manter o σ_3 constante, aplicou-se à amostra (à sua água de saturação) uma contra-pressão («back-pressure») de $1,300 \text{ kg cm}^{-2}$.

Logo:

$$\sigma_3 = \sigma_3 \text{ 7º estágio} + \text{contra-pressão} = (\sigma_3 \text{ 7º estágio} - \mu \text{ 7º estágio}) + \text{contra-pressão}$$

* - Recordar que, por efeito de segurança, o σ_1 já era de $3,500 \text{ kg cm}^{-2}$.

$$= (2,500 - 0,220) + 1,300$$

$$\sigma_3 = 3,580 \cong 3,600 \text{ kg cm}^{-2}$$

Assim sendo, nesse estágio, os valores ficaram sendo:

$$\sigma_1 = 3,850 \text{ kg cm}^{-2}$$

$$\sigma_3 = 3,600 \text{ kg cm}^{-2}$$

$$\text{contra-pressão} = 1,300 \text{ kg cm}^{-2}$$

Data	Defletômetro Vertical (cm)	Leitura de volumes (cm)	Pressão Neutra (kg cm ⁻²)
11. XI	3,260	55,6	+ 0,220
12. XI	3,30	48,9	+ 1,300

2º Estágio: Enchimento da barragem até o seu nível máximo

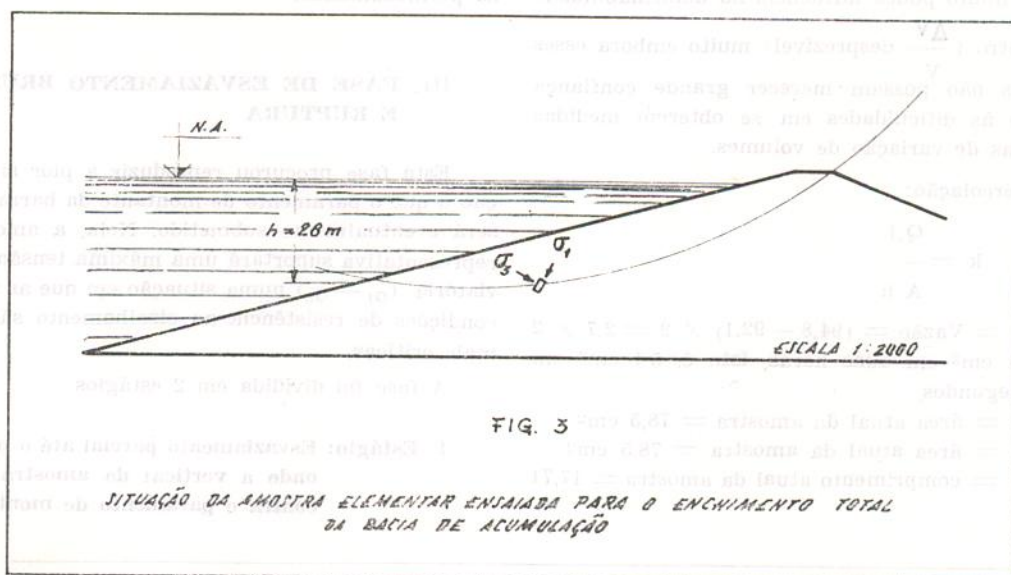


FIG. 3

SITUAÇÃO DA AMOSTRA ELEMENTAR ENCAIXADA PARA O ENCHIMENTO TOTAL DA BACIA DE ACUMULAÇÃO

O estágio constou da subida das tensões para os valores resultantes da coluna de água adicionada ao ponto considerado, ou seja, supôs-se constante as tensões principais efetivas e subiu-se a pressão neutra do valor $\gamma_a \cdot h$ acrescentado.

$$\text{Logo: } \sigma_1 = 3,850 + 1,500 = 5,350 \text{ kg cm}^{-2}$$

$$\sigma_3 = 3,600 + 1,500 = 5,100 \text{ kg cm}^{-2}$$

$$\text{contra-pressão} = 1,300 + 1,500 = 2,800 \text{ kg cm}^{-2}$$

Data	Defletômetro Vertical (cm)	Leitura de volumes (cm)	Pressão Neutra (kg cm ⁻²)
12. XI	3,310	48,9	+ 1,300
12. XI	3,500	44,7	+ 2 800

3º Estágio: Percolação de água através da barragem

Supôs-se que a percolação se daria devido a um gradiente hidráulico da ordem de 20 e que a pressão neutra atuante na amostra permaneceria da ordem do anterior estágio.

O gradiente hidráulico foi obtido aplicando-se na base da amostra uma contra-pressão de 3,200 kg cm⁻²; como no seu topo estava aplicada uma de 2,800 kg cm⁻²:

$$i = \frac{h \text{ (cm)}}{l \text{ (cm)}} = \frac{400}{20} = 20$$

Nessa fase obteve-se elementos sobre a deformabilidade do aterro devido à saturação e sobre sua permeabilidade.

$$\text{Com: } \sigma_1 = 5,350 \text{ kg cm}^{-2}$$

$$\sigma_3 = 5,100 \text{ kg cm}^{-2}$$

$$\text{contra-pressão no topo} = 2,800 \text{ kg cm}^{-2}$$

$$\text{contra-pressão na base} = 3,200 \text{ kg cm}^{-2},$$

obteve-se as seguintes leituras:

Data	Hora	Def. vert.	Água que entrou (cm)	Água que saiu (cm)	Variação de vol. (cm)
12. XI	15:20	3,520	94,8	64,0	44,5
	15:35	"	94,5	64,3	44,5
	15:50	"	94,1	64,6	44,4
	16:05	"	93,7	65,0	44,3

16:20	"	93,6	65,1	44,3
16:35	"	93,3	65,4	44,3
16:50	"	93,0	65,7	44,3
17:05	"	92,5	66,1	44,2
17:20	"	92,1	66,5	44,2

Varição de volume: $(44,5 - 44,2) \times 2 = 0,6 \text{ cm}^3$.

Logo, a saturação deverá ter, no caso presente, muito pouca influência na deformabilidade

do aterro ($\frac{\Delta V}{V}$ desprezível) muito embora esses valores não possam merecer grande confiança devido às dificuldades em se obterem medidas precisas de variação de volumes.

Percolação:

$$k = \frac{Q \cdot l}{A \cdot h}$$

$Q = \text{Vazão} = (94,8 - 92,1) \times 2 = 2,7 \times 2 = 5,4 \text{ cm}^3$ em duas horas, isto é, $5,4 \text{ cm}^3$ em 7200 segundos.

$A = \text{área atual da amostra} = 78,5 \text{ cm}^2$

$h = \text{área atual da amostra} = 78,5 \text{ cm}^2$

$l = \text{comprimento atual da amostra} = 17,71 \text{ cm}$

$$k = \frac{5,4 \times 17,71}{7200 \times 78,5 \times 400} = 4,2 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$$

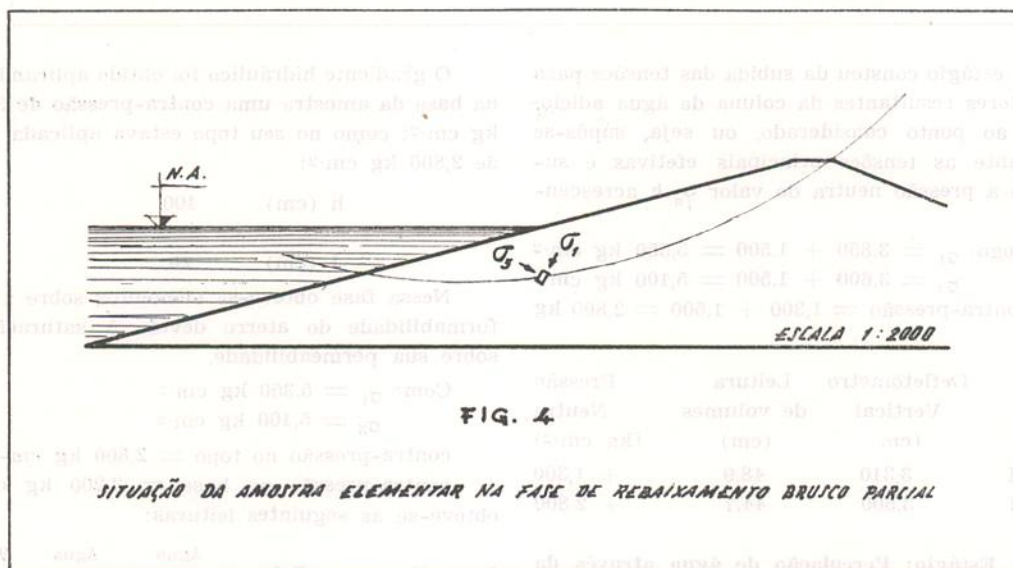
Nota: utilizou-se um gradiente, 20, muito superior aos normalmente existente nas barragens, para se obter uma melhor saturação da amostra e apressar a obtenção dos valores para o cálculo da permeabilidade.

III. FASE DE ESVAZIAMENTO BRUSCO E RUPTURA

Esta fase procurou reproduzir a pior situação a que o paramento de montante da barragem será eventualmente submetido. Nela, a amostra representativa suportará uma máxima tensão deviatória ($\sigma_1 - \sigma_3$) numa situação em que as suas condições de resistência ao cisalhamento são as mais críticas.

A fase foi dividida em 2 estágios.

1º Estágio: Esvaziamento parcial até o ponto onde a vertical da amostra encontra o paramento de montante



Correspondeu esse estágio a uma descida de igual valor das tensões totais principais máxima e mínima equivalentes à coluna de 15 m de água que deixou de atuar sobre a amostra elementar.

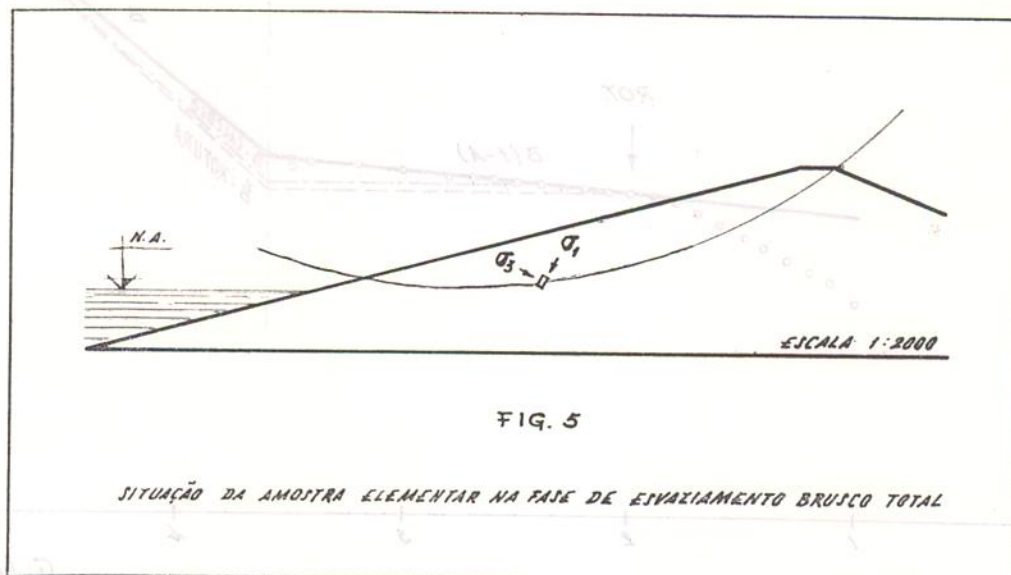
Assim sendo:

$$\sigma_1 = 5,350 - 1,500 = 3,850 \text{ kg cm}^{-2}$$

$$\sigma_3 = 5,100 - 1,500 = 3,600 \text{ kg cm}^{-2}$$

Fechou-se a válvula da contra-pressão a fim de que ela estabilizasse sob ação do estado de tensão existente.

Data	Defletômetro Vertical (cm)	Leitura de volumes (cm)	Pressão Neutra (kg cm ⁻²)	Logo: $B = \frac{\Delta\mu}{\Delta\sigma_3} = \frac{1,200}{1,500} = 0,80$
13.XI	3,460	95,5	2,800	
16.XI	5,150	72,2	1,600	2º Estágio: Esvaziamento total e ruptura



Neste estágio, aumentou-se o distorsor ($\sigma_1 - \sigma_3$) diminuindo-se, progressivamente, a tensão total principal mínima (σ_3) aplicada à amostra e, se houvesse sido necessário (após $\sigma_3 =$ zero), aumentar-se-ia a tensão total principal máxima (σ_1) até levar a amostra à ruptura.

Conheceu-se, aqui, o valor de A e B, a sua evolução até a ruptura e, também, as características de deformabilidade e resistência da amostra, para essas circunstâncias.

Os resultados obtidos são apresentados na figura nº 6, onde os valores de σ_1 , σ_3 e U, na ruptura, concordaram plenamente com os valores encontrados nos ensaios triaxiais efetuados para determinação das características de corte do solo.

CONSIDERAÇÃO FINAL

É evidente que de um só ensaio não se poderá retirar conclusões de caráter geral para o dimensionamento da barragem. No caso do material da jazida ao qual pertence o provete en-

saiado, o resultado de um maior número de estudos será objeto de uma futura nota.

Entretanto, parece interessante observar:

1. que as pressões neutras somente passaram para o campo positivo após um carregamento hidrostático de 1,000 kg cm⁻²; se a construção do maciço for lenta, a pressão negativa será um fator favorável na fase de construção;

2. que o valor de B de construção manteve-se sempre baixo, o que é favorável;

3. que os valores de E e γ calculados foram de 150 e 0,30, respectivamente, o que implica em considerar que o esqueleto sólido do aterro apresenta rigidez aceitável;

4. o valor de B de esvaziamento = 0,80 indica que, apesar do gradiente empregado no ensaio ser bastante superior ao que a amostra suportará na barragem, não se obteve uma plena saturação do provete o que leva a crer que isso também ocorrerá no campo;

5. o valor de B de ruptura, inferior à unidade é de grande importância para as considerações de estabilidade quando do esvaziamento brusco, já que é mais desfavorável do que o geralmente tomado valor unitário.

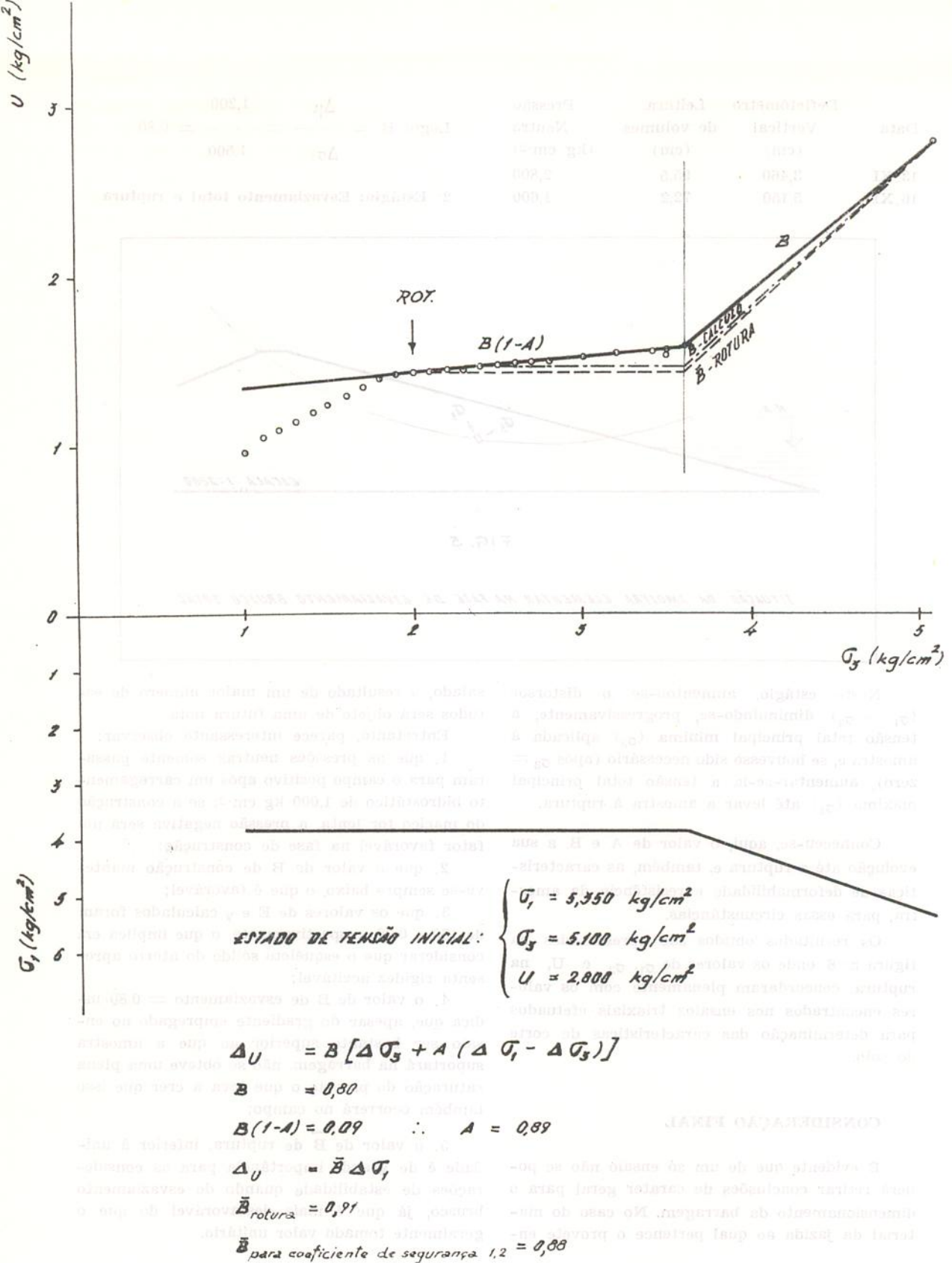


FIG. 6 - ENSAIO DE ESVAZIAMENTO BRUSCO COM AMOSTRA DA COVA Nº 37

AGRADECIMENTOS

A Divisão de Fundações do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, na pessoa de seu chefe, Eng^o José de Brito Folque, pelo apoio sempre recebido e pelo constante incentivo.

Ao Eng^o João Manuel Castel-Branco Falcão, mestre e companheiro, grande responsável pelo sucesso de nosso estágio no L.N.E.C.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

BISHOP, A. W. - 1954 - The use of pore-pressures coefficients in practice. *Geotechnique*, London, 4(4).

—. 1955 - The use of the slip circle in the stability analysis of slopes. *Geotechniques*, London, 5(1).

ESCÁRIO, V. - 1966 - *Estabilidad de presas de tierra y escollera*. Madrid, Laboratorio del transporte y Mecanica del Suelo. [Monografia n^o 1]

FALCÃO, J. M. C. B. & COULON, F. K. - 1969 - *Estudos complementares das terras de eventual utilização na barragem de Oriola*. Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

MELO, F. A. G. de & NEVES, E. J. L. M. das - 1968 - *Barragem do monte da rocha: utilização do cálculo automático no estudo da estabilidade*. Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

SKEMPTON, A. W. - 1954 - The pore-pressure coefficient A and B. *Geotechnique*, London, 4(4).